



200312069-4

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 101 41 557 A 1**(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:**G 05 B 23/02**

G 01 D 1/02

G 01 D 1/18

(21) Aktenzeichen: 101 41 557.5  
 (22) Anmeldetag: 24. 8. 2001  
 (43) Offenlegungstag: 6. 3. 2003

(71) Anmelder:  
 Knick Elektronische Meßgeräte GmbH & Co., 14163 Berlin, DE

(74) Vertreter:  
 Patentanwälte Rau, Schneck & Hübner, 90402 Nürnberg

(72) Erfinder:  
 Feucht, Wolfgang, Dipl.-Ing., 14165 Berlin, DE;  
 Riese, Burkhard, Dipl.-Ing., 14169 Berlin, DE;  
 Wohlhab, Heinz, Dipl.-Ing., 14167 Berlin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

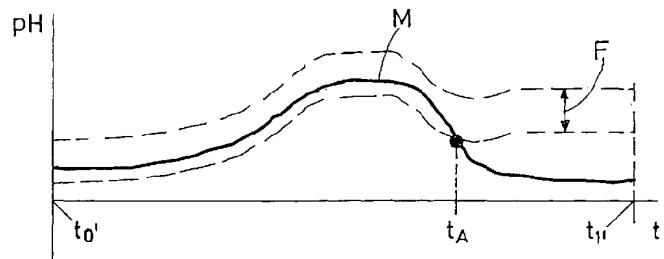
DE 44 29 157 A1  
 DE 43 33 459 A1  
 DE 43 23 780 A1  
 DE 42 15 459 A1  
 DE 39 05 735 A1  
 DE 38 41 089 A1

Alarmmonitor. In: elektro Automation, 47.Jg., Nr.7, Juli 1994, S.44;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Verfahren zur Überwachung der Messung von Prozessgrößen bei wiederkehrenden Chargen-Prozessen

(57) Ein Verfahren zur Überwachung der Messung von Prozessgrößen bei wiederkehrenden Chargen-Prozessen weist folgende Verfahrensschritte auf:  
 - Erfassung und Aufzeichnung eines den Chargen-Prozess repräsentierenden zeitlichen Soll-Verlaufs (S) mindestens einer Messgröße (M) während mindestens eines Durchlaufs des Chargen-Prozesses,  
 - Setzen eines Grenzwertfensters (F) um den Soll-Verlauf (S) der jeweiligen Messgröße (M),  
 - zeitliche Erfassung des aktuellen Messwertes ( $M_W$ ) der jeweiligen Messgröße (M) während nachfolgender Durchläufe des Chargen-Prozesses,  
 - Vergleichen des aktuellen Messwertes ( $M_W$ ) mit dem durch den Soll-Verlauf (S) und das Grenzwertfenster (F) definierten zulässigen Messwertbereich, und  
 - Generieren einer Warnung, falls der jeweils aktuelle Messwert ( $M_W$ ) außerhalb des jeweils zulässigen Messwertbereiches liegt.



[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überwachung der Messung von Prozessgrößen bei wiederkehrenden Chargen-Prozessen, insbesondere bei der pH-Messung, und eine entsprechende Messvorrichtung, bei der dieses Überwachungsverfahren implementiert ist.

[0002] Im Hintergrund der Erfindung steht die in der Technik zunehmend geforderte Sicherheit chemischer Prozesse, die durch ausgefeilte Überwachungsverfahren zu gewährleisten ist. Eine Möglichkeit zur Überwachung von Prozessen besteht in der schlichten Verfolgung von Prozessgrößen und einem entsprechenden Vergleich mit festen Sollwerten. Dies ist jedoch nur für relativ statisch ablaufende Prozesse ein vernünftiger Weg, um genügend Überwachungssicherheit zu erhalten. Ferner wird bei dieser Überwachungsstrategie das Wesen von Chargen-Prozessen, nämlich der Wiederholung bestimmter Prozessabläufe, nicht ausreichend berücksichtigt, wodurch ein erhebliches Maß an Überwachungssicherheit nicht ausgeschöpft wird.

[0003] Ausgehend von der geschilderten Problematik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Überwachungsverfahren für die Messung von Prozessgrößen bei wiederkehrenden Chargen-Prozessen anzugeben, mit dem eine hohe Prozesssicherheit gewährleistet werden kann.

[0004] Diese Aufgabe wird durch die im Kennzeichnungsteil des Anspruchs 1 angegebenen Verfahrensschritte wie folgt gelöst:

- Erfassung und Aufzeichnung eines den Chargen-Prozess repräsentierenden zeitlichen Soll-Verlaufs mindestens einer Messgröße während mindestens eines Durchlaufs des Chargen-Prozesses,
- Setzen eines Grenzwertfensters um den Soll-Verlauf der jeweiligen Messgröße,
- zeitliche Erfassung des aktuellen Messwertes der jeweiligen Messgröße während nachfolgender Durchläufe des Chargen-Prozesses,
- Vergleichen des aktuellen Messwertes mit dem durch den Soll-Verlauf und das Grenzwertfenster definierten zulässigen Messwertbereich, und
- Generieren einer Warnung, falls der jeweils aktuelle Meßwert außerhalb des jeweils zulässigen Messwertbereiches liegt.

[0005] Das erfundungsgemäße Verfahren macht erkennbar von dem eingangs erwähnten Wesen von Chargen-Prozessen Gebrauch, indem praktisch als Vorgabe bei mindestens einem ordnungsgemäßen Durchlauf eines Chargen-Prozesses ein oder mehrere diesen repräsentierende Messgrößen zeitlich aufgezeichnet werden, wodurch der Soll-Verlauf des Chargen-Prozesses erfasst wird. Bei den nachfolgenden Durchläufen werden die entsprechenden aktuellen Messwerte mit dem Soll-Verlauf verglichen, wobei ein durch das Grenzwertfenster definiertes Maß einer Abweichung vom Soll-Verlauf erlaubt wird.

[0006] Zur Implementierung des Überwachungsverfahrens auf Messgeräten, die in der Regel Mikroprozessor-gesteuert sind, wird die Erfassung des Soll-Verlaufs des oder der Messgrößen und der jeweiligen aktuellen Messwerte bei den nachfolgenden Durchläufen bevorzugt durch Abtasten in vorgebbaren Zeitintervallen durchgeführt.

[0007] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen des erfundungsgemäßen Überwachungsverfahrens sowie dessen Implementierung in einer Messvorrichtung für Prozessgrößen, insbesondere pH-Messvorrichtung, auf der Basis eines Mikroprozessor-gesteuerten Messgerätes, ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0008] Weitere Merkmale, Einzelheiten und Vorteile der Erfindung sind schließlich der nachfolgenden Beschreibung entnehmbar, in der ein Ausführungsbeispiel anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert wird. Es zeigen:

5 [0009] **Fig. 1** eine graphische Anzeige des zeitlichen Verlaufs einer pH-Messung bei einem ersten Durchlauf eines Chargen-Prozesses und

10 [0010] **Fig. 2** eine graphische Anzeige des zeitlichen Verlaufs eines nachfolgenden Durchlaufs des Chargen-Prozesses mit Grenzwertfenster.

15 [0011] Wie aus **Fig. 1** deutlich wird, wird bei einer pH-Messung eines chemischen Chargen-Prozesses der pH-Wert als relevante Messgröße vom Start des Chargen-Prozesses zum Zeitpunkt  $t_0$  bis zu dessen Ende zum Zeitpunkt  $t_1$  in seiner zeitlichen Abfolge mithilfe eines entsprechenden Mikroprozessor-gesteuerten pH-Messgeräts aufgezeichnet. Dies kann auch mit statistischen Mitteln vorgenommen werden, wie dies anhand des Zentralwerts  $M_Z$  im folgenden noch näher erläutert wird. Es ergibt sich die Soll-Verlaufskurve  $S$ .

20 Um diesen Soll-Verlauf wird danach ein Grenzwertfenster  $F$  gesetzt, das beispielsweise vom Bedienungspersonal in seiner Größe vorgegeben werden kann. Bei den nachfolgenden Durchläufen des Chargen-Prozesses wird dann wiederum zwischen Startzeitpunkt  $t_0'$  und Prozess-Ende  $t_1'$  der aktuelle pH-Wert zeitlich erfasst, wodurch sich die in **Fig. 2** gezeigte Messkurve  $M$  ergibt.

25 [0012] Die Erfassung und Aufzeichnung der aktuellen Messwerte erfolgt durch Abtasten in vorgebbaren Zeitintervallen, was in den beiden Diagrammen nicht in zeitlicher Auflösung dargestellt ist. Bei jedem abgetasteten Messwert  $M_w$  der Messkurve  $M$  wird schließlich ein Vergleich ange stellt, ob dieser Wert innerhalb des Grenzwertfensters  $F$  liegt, der einen zulässigen Messwertbereich definiert. Liegt der aktuelle Messwert  $M_w$  außerhalb dieses zulässigen

30 Messwertbereiches, so wird eine Warnung generiert, was bei dem in **Fig. 2** gezeigten Verlauf zum Zeitpunkt  $t_A$  der Fall ist.

35 [0013] Neben der schlichten Vorgabe des Grenzwertfensters durch das Messpersonal kann dieses auch automatisch an die Prozessdynamik des Chargen-Prozesses wie folgt angepasst werden:

40 Detaillierter ausgeführt wird das Grenzwertfenster  $F$  durch einen Zentralwert  $M_Z$  und eine Fensterbreite  $\Delta F_m$  um den Zentralwert  $M_Z$  definiert. Der Zentralwert  $M_Z$  wird durch 45 eine Mittelwertbildung aus einer definierten Anzahl von vergangenen Messwerten  $M_w$  nach der Beziehung

$$M_Z = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n M_{wi}$$

mit  $M_Z$ : Zentralwert

$M_{wi}$ : vergangene Messwerte und

50 n: definierte Anzahl von vergangenen Messwerten gebildet.

[0014] Die Anzahl n der zur Mittelwertbildung herangezogenen vergangenen Messwerte  $M_w$  kann dabei aus der folgenden Beziehung ermittelt werden

$$n(\text{ganzzahlig}) = \frac{K_1}{\left| \frac{\Delta M_w}{\Delta t} \right| + K_2}$$

60 mit  $K_1$ : prozessabhängige Konstante

65  $K_2$ : Konstante zur Begrenzung der Maximalanzahl der ver-

gangenen Messwerte

$\Delta M_W$ : Messwert-Schwankungen während der Zeit  $\Delta t$ .

[0015] Die Anzahl  $n$  richtet sich also nach der Zeitkonstanten der prozessabhängigen, zeitlichen Messwertschwankungen  $\Delta M_W/\Delta t$  und ist umso kleiner, je größer der Betrag dieser Messwertschwankungen ist. Sofern keine Schwankungen vorliegen, bildet die Konstante  $K_2$  eine Obergrenze für die Anzahl  $n$ .

[0016] Die Fensterbreite  $\Delta F_m$  des Grenzwertfensters schließlich wird nach der Beziehung

$$\Delta F_m = (M_{W\max} - M_{W\min}) \cdot K_3 + K_4$$

mit  $M_{W\max}$  bzw.  $M_{W\min}$ : maximaler bzw. minimaler Messwert  $M_W$

$K_3$ : Sicherheitsfaktor und

$K_4$ : minimaler Sicherheitsabstand zum Zentralwert bestimmt.

#### Patentansprüche

( $M_W$ ) ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der laufend erfasste Messwert ( $M_W$ ) und das Grenzwertfenster (F) graphisch auf einer vorzugsweise laufenden Anzeige dargestellt werden.

8. Messvorrichtung für Prozessgrößen, insbesondere pH-Messvorrichtung, auf der Basis eines Mikroprozessor-gesteuerten Messgerätes, dadurch gekennzeichnet, dass ein Überwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7 in der Gerätesteuerung implementiert ist.

9. Messvorrichtung nach Anspruch 8 für den pH-Wert und die Temperatur eines chemischen Chargenprozesses, dadurch gekennzeichnet, dass als primäre Messgröße der pH-Wert (pH) und als sekundäre Messgröße die Temperatur des Prozesses mit dem Überwachungsverfahren überwacht werden.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

1. Verfahren zur Überwachung der Messung von Prozessgrößen bei wiederkehrenden Chargen-Prozessen, insbesondere bei der pH-Messung, mit folgenden kennzeichnenden Verfahrensschritten:

- Erfassung und Aufzeichnung eines den Chargen-Prozess repräsentierenden zeitlichen Soll-Verlaufs (S) mindestens einer Messgröße (M) während mindestens eines Durchlaufs des Chargen-Prozesses,
- Setzen eines Grenzwertfensters (F) um den Soll-Verlauf (S) der jeweiligen Messgröße (M),
- zeitliche Erfassung des aktuellen Messwertes ( $M_W$ ) der jeweiligen Messgröße (M) während nachfolgender Durchläufe des Chargen-Prozesses,
- Vergleichen des aktuellen Messwertes ( $M_W$ ) mit dem durch den Soll-Verlauf (S) und das Grenzwertfenster (F) definierten zulässigen Messwertbereich, und
- Generieren einer Warnung, falls der jeweils aktuelle Messwert ( $M_W$ ) außerhalb des jeweils zulässigen Messwertbereiches liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung des Soll-Verlaufs (S) der Messgröße und des aktuellen Messwertes (M) durch Abtasten in vorgebbaren Zeitintervallen erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassung und Aufzeichnung des Soll-Verlaufs (S) der Messgröße (M) in Form einer Selbstlernfunktion erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die um den Soll-Verlauf (S) vorzugsweise symmetrische Fensterbreite ( $\Delta F_m$ ) des Grenzwertfensters (F) vorgebbar ist.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch eine Bildung des Grenzwertfensters (F) unter automatischer Anpassung an die Prozessdynamik.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Grenzwertfenster (F) durch einen Zentralwert (M) und eine Fensterbreite ( $\Delta F_m$ ) um den Zentralwert ( $M_Z$ ) definiert ist, wobei der Zentralwert ( $M_Z$ ) durch eine Mittelwertbildung aus einer definierten Anzahl von vergangenen Messwerten ( $M_w$ ) der Messgröße (M) und die Fensterbreite ( $\Delta F_m$ ) durch eine skalierte Mittelwertbildung aus Maximal- und Minimalwerten ( $M_{W\max}, M_{W\min}$ ) der vergangenen Messwerte

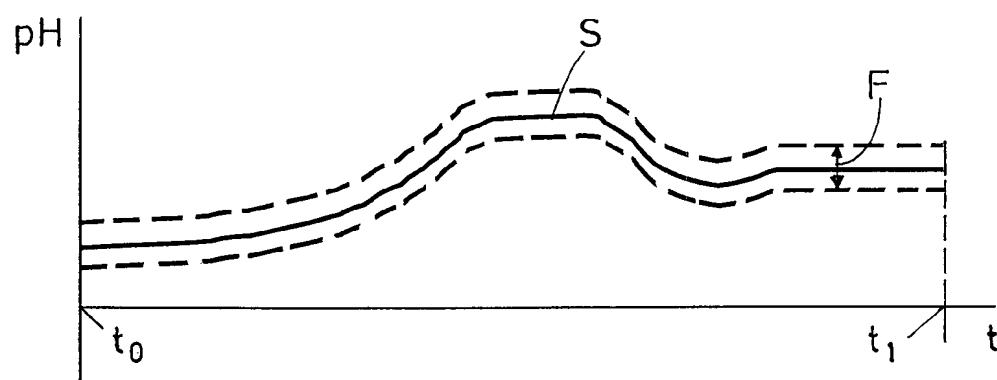


FIG. 1

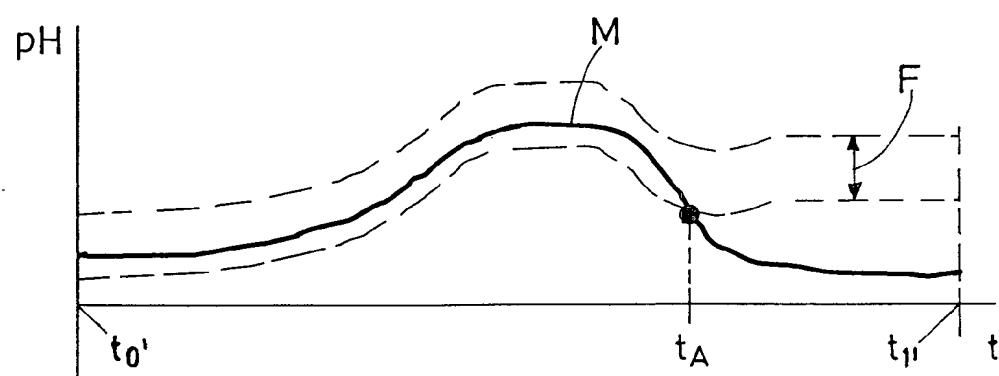


FIG. 2